

# EXPLICACIONES DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN PROFESORES DE FÍSICA EN FORMACIÓN INICIAL

Jaime Duvan Reyes Roncancio, Jaime Andrúbal Cifuentes  
*Universidad Distrital Francisco José De Caldas*

**RESUMEN:** Este trabajo se constituye en un reporte de investigación sobre la enseñanza del circuito eléctrico simple cerrado (CESC) en el marco de la práctica docente de estudiantes de Licenciatura en Física, con propósitos de cualificación curricular. El enfoque metodológico utilizado permitió generar una escala tipo likert fundamentada en dos perspectivas de explicación de CESC. Este instrumento fue piloteado en dos universidades previa validación con expertos. Los resultados evidencian una tendencia por validar explicaciones de orden alternativo en donde el campo electromagnético juega un rol protagónico, sin embargo también se destacan resultados de coexistencia con explicaciones tradicionales dándole a la carga eléctrica la total responsabilidad del transporte de energía del circuito. Se concluyen algunas implicaciones didácticas para la formación de licenciados en física.

**PALABRAS CLAVE:** Didáctica, Física, Circuito, Eléctrico, Simple.

## OBJETIVO

El trabajo tuvo como objetivo caracterizar las reflexiones sobre la enseñanza del circuito eléctrico simple cerrado, de un grupo de estudiantes de licenciatura en física, dirigida a estudiantes de Bachillerato, con base en dos perspectivas: tradicional asociada al protagonismo de las cargas eléctricas y, alternativa asociada al campo electromagnético.

## MARCO TEÓRICO

Al igual que en algunos libros de otros autores (Giancoli, 2009 ; Serway R. & Jewett, J. 2002), en su explicación de los circuitos Tipler & Mosca, (2010), realizan cálculos de la velocidad de desplazamiento que tiene los electrones a través de un conductor (alambre típico) y el tiempo que tardan en este recorrido, encontrándose que por ejemplo para un metro de alambre, la velocidad de desplazamiento media es aproximadamente de  $3.54 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  y el tiempo que tardarían los electrones en recorrer ese metro sería de *7.85 horas aproximadamente* (p.843), con lo cual sería extraño imaginar una persona esperando varias horas en ver un bombillo encendido después de mover el interruptor (el bombillo se enciende casi instantáneamente) en el entendido de que esta persona considere que son los electrones libres en su flujo los responsables de que se encienda la bombilla.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los libros en la explicación del circuito eléctrico simple cerrado, se omite el concepto de campo eléctrico y/o campo electromagnético, así como su importancia

---

en la transmisión de energía y su interacción con la carga, y siendo esta una cuestión que deslegitima una real descripción fenomenológica de este tipo de circuitos (Matar y Welti, 2010), se puede afirmar que la teoría de circuitos de corriente continua simple se formula en términos de conceptos de potencial, corriente eléctrica, fuerza electromotriz y movimiento de cargas puntuales, dejando a un lado el papel que juega el campo eléctrico, propiciando que este último se vea como un concepto totalmente aislado en la explicación del fenómeno. Así mismo se omite el campo electromagnético producido por la corriente eléctrica, que a su vez es generada por la velocidad de arrastre de los electrones, faltando así interpretar los fenómenos de la corriente eléctrica desde un punto de vista crítico y coherente con la realidad, y que permita que la explicación del circuito sea sometido a toda clase de refutaciones sin que pierda su carácter explicativo.

Matar y Welti (2010) han concluido que las explicaciones usuales sobre un circuito, compuesto por una resistencia, una pila y unos cables de cobre, se basan en los siguientes argumentos que denominan «erróneos»:

- Los electrones que se mueven en el interior de los cables son los que transportan la energía.
- La energía potencial eléctrica de un electrón es toda del electrón.
- La batería entrega energía a la carga y esta pierde su energía potencial eléctrica durante las colisiones con los átomos de la resistencia.
- Si los electrones transportan energía de la pila a la resistencia, ¿por qué los electrones no llevan energía de la resistencia a pila?

Enmarcados en estas situaciones Sommerfeld (1952) coincide en afirmar que la explicación de un circuito eléctrico simple cerrado está íntimamente ligado con comprender la transferencia de energía y la naturaleza de los campos en un conductor. Según Matar y Welti una de las tantas «ideas erróneas» que se tienen acerca de la transmisión de energía en un conductor, surge al concebir el movimiento de los electrones como si fueran unos pequeños camiones que se encargan de transportar la energía a través de cable y cederla al bombillo o resistencia, lo cual permite cuestionar cómo los electrones pueden seguir en movimiento (sin energía) hasta el otro borne de la pila?

Ahora bien, como afirman Matar y Welti, no existe asociación alguna entre la dirección del movimiento de los electrones y el flujo de energía. Además, la transmisión se produce a través de campos eléctricos y magnéticos que se distribuyen por todo el conductor y que son el portador y transmisor de energía a través del mismo (Matar y Welti, 2010). Una explicación de este fenómeno consiste en suponer un circuito cerrado conformado por una pila, alambre de cobre y un bombillo, de manera que: en el instante en que se conectan los alambres a la pila se produce un movimiento de electrones, que modifica la naturaleza equipotencial de los conductores, y debido a que este movimiento se realiza en varias direcciones, se generan -con respecto al contorno del alambre- componentes paralelas y perpendiculares del flujo de corriente. La componente perpendicular permite una distribución de carga superficial en el conductor, que encamina la corriente paralela al contorno del alambre de cobre. Esta distribución determina la existencia de un campo eléctrico externo y un campo eléctrico interno en el hilo conductor.

Según Sommerfeld (1952) el campo eléctrico  $E$  es perpendicular al alambre exterior si no existe gradiente de la carga superficial (conductor ideal). Para el caso de un conductor no ideal (Fig. 1) este gradiente puede variar de acuerdo con la resistencia y, por tanto, el campo eléctrico  $E$  rota y cambia su magnitud.

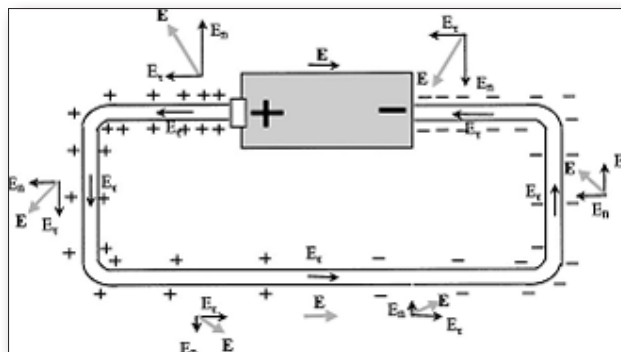


Fig. 1. Circuito eléctrico simple en donde se evidencia el campo eléctrico en un cable con una resistencia diferente de cero. Tomada de Galili y Goihbarg (2005, p. 142)

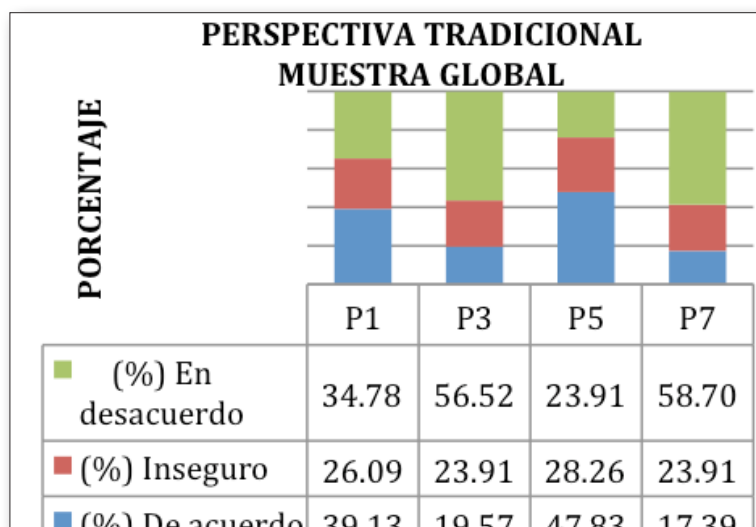
## METODOLOGÍA

Tipo de investigación: cualitativa de corte interpretativo sobre la didáctica del profesor de física en formación inicial respecto de la enseñanza del circuito eléctrico simple. La fundamentación teórica realizada (realizada a partir de la indagación y análisis documental permitió establecer dos perspectivas (tradicional y alternativa) de explicación del circuito eléctrico, con base en la importancia o no, del campo electromagnético a la hora de interpretar la transmisión de energía y los fenómenos ocurridos tanto dentro del conductor eléctrico como en el contorno del mismo. Estas perspectivas se utilizaron para diseñar una escala tipo likert (Méndez L. & Peña J. , 2006) instrumento que fue aplicada a un grupo de estudiantes de últimos semestres de Licenciatura en Física de cada una de las universidades Distrital Francisco José de Caldas y Pedagógica Nacional en Bogotá.

## RESULTADOS

### Escala Tipo Likert Perspectiva Tradicional Muestra Global

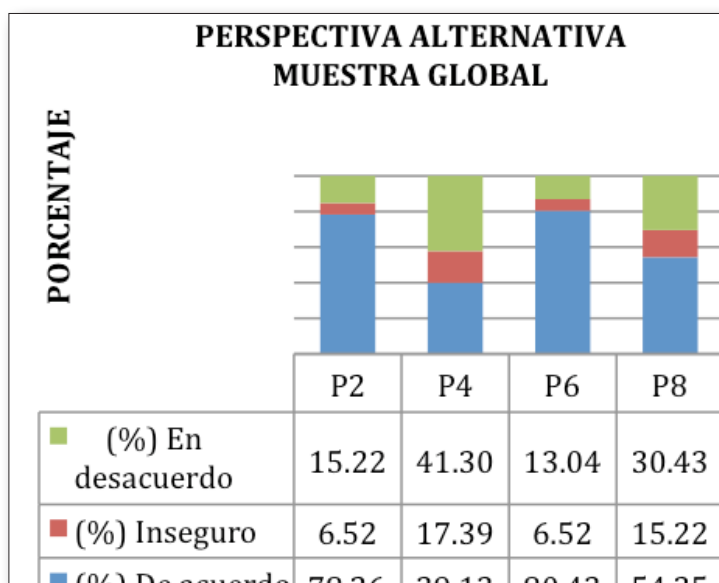
De la muestra total respecto a las afirmaciones de la perspectiva tradicional se obtuvo una media porcentual de 30.98% para la categoría «De acuerdo», 25.54% «Inseguro» y 43.40% «En desacuerdo», demostrando con poca relevancia una inclinación por la perspectiva alternativa. En síntesis para el análisis de la perspectiva tradicional (Gráfica 1.), no existe una valoración definitiva pues se presenta una dualidad en todas las afirmaciones, en unas mas marcada que en otras, lo cual quiere decir que la explicación del circuito eléctrico simple cerrado se realiza utilizando una mezcla de conceptos de forma excluyente y sin una interpretación de totalidad fenomenológica, todo esto enmarcado dentro de una convivencia conceptual de explicaciones de la que toman partes de cada perspectiva para formar una explicación coherente.



Gráfica 1. Porcentaje de los resultados obtenidos de la perspectiva tradicional de la muestra total.

### Escala Tipo Likert Perspectiva Alternativa Muestra Global

De la muestra total respecto a las afirmaciones de la perspectiva alternativa en la gráfica 2 se obtuvo una media porcentual de 63.69% para la categoría «De acuerdo», 11.48% «Inseguro» y 25.14% «En desacuerdo», demostrando una inclinación por la perspectiva alternativa. En síntesis para el análisis de la perspectiva alternativa, no existe una valoración definitiva pues se presenta una dualidad en todas las afirmaciones, en unas mas marcada que en otras, lo cual se puede interpretar como una posible percepción de ambigüedad y/o la convivencia de explicaciones del circuito eléctrico simple cerrado desde ambas perspectivas.



Gráfica 15. Porcentaje de los resultados obtenidos de la perspectiva tradicional de la muestra total.

El instrumento 1 daba la opción de realizar comentarios sobre la viñeta y la escala aplicada (ver tabla 1)

Tabla 1.  
Comentarios de encuestados a los que se le aplicó el instrumento 1

Comentario
«Es que el uso inadecuado de los conceptos los puede confundir, es necesario explicar desde lo mas básico, como que es el electrón y que pasa cuando se mueve.»
«Que se debe ser un tanto mas explícitos al momento de presentar la experiencia y mostrarle al estudiante algo que le permita percibir de que manera el docente pretende realizar la practica.»
«El experimento refleja lo poco preparados que estamos preparados los profesores para explicar la fenomenología presentada en este tipo de conceptos.»
«La explicación de la profesora es confusa ya que se para simultáneamente en la perspectiva de Coulomb y en la de Maxwell.»
«Creo que en la pregunta P1 no se es claro en la manera de definir, pues si bien es cierto que la transferencia de energía se da gracias a los electrones pero en movimiento. Nuevamente en la pregunta P7 hago la misma aclaración, no es solamente los electrones, es el movimiento (flujo) de ellos.»

En síntesis, las percepciones de los encuestados mayoritariamente pertenecen a la perspectiva tradicional, dado que los comentarios evidencian una preponderancia a contemplar los electrones y el flujo de estos mismos como parte fundamental a la hora de explicar los fenómenos ocurridos en el circuito eléctrico simple cerrado. También se evidencia la percepción de incoherencia y complejidad en la explicación perteneciente a la perspectiva alternativa, formulada en la viñeta 1 por la profesora. Además no se encuentran articulación de conceptos y/o fenómenos diferentes al de electrón y su movimiento.

Cada uno de los comentarios constituyen una posición personal acerca de la explicación del circuito eléctrico simple cerrado y por tanto dan cuenta de las representaciones proposicionales escritas. Las representaciones mentales realizadas por los estudiantes contemplan una convivencia y agrupamiento de explicaciones desde la perspectiva tradicional y alternativa que interpretan los fenómenos a la luz de estructuras análogas como flujo, movimiento de partículas, campo y transferencia de energía.

## CONCLUSIONES

Con una media porcentual global de 63.39% «De acuerdo» frente a un 25.14% «En desacuerdo» para la perspectiva alternativa y además para la perspectiva tradicional con un 30.98% «De acuerdo» frente a un 43.48% «En desacuerdo», la escala tipo Likert presenta una preponderancia por la perspectiva alternativa, validando el campo electromagnético como agente integrador de todos los fenómenos y tomando una visión general de los conceptos que interactúan en la explicación del circuito eléctrico simple cerrado.

Sin embargo, el análisis de los comentarios permite evidenciar que las percepciones de los encuestados mayoritariamente pertenecen a la perspectiva tradicional, dado que dan preponderancia a los electrones y el flujo de estos mismos como parte fundamental a la hora de explicar los fenómenos ocurridos en el circuito eléctrico simple cerrado. También se evidencia la percepción de incoherencia y complejidad en la explicación perteneciente a la perspectiva alternativa, formulada en la viñeta 1 por la profesora. Además no se encuentran articulación de conceptos y/o fenómenos diferentes al de electrón y su movimiento.

Cada uno de los comentarios constituyen una posición personal acerca de la explicación del circuito eléctrico simple cerrado y por tanto dan cuenta de las representaciones proposicionales escritas. Las representaciones mentales realizadas por los estudiantes contemplan una convivencia y agrupamiento

de explicaciones desde la perspectiva tradicional y alternativa que interpretan los fenómenos a la luz de estructuras análogas como flujo, movimiento de partículas, campo y transferencia de energía.

Instrumento 1

Viñeta 1

El siguiente fragmento presenta una interacción comunicativa entre un estudiante (Carlos) y su profesora Amanda, quien en su clase de física de grado 11 explica como se transmite la energía en un circuito conformado por un bombillo (resistencia), una pila y dos alambres conectores, de la siguiente manera:

“Profesora Amanda: la energía se trasmite en una sola dirección desde los bornes de la pila hacia el bombillo, sin devolverse, gracias al campo electromagnético generado por la distribución de carga superficial que produce el movimiento de los electrones dentro del conductor.

Carlos: Profe, pero si los electrones se mueven en una sola dirección del borne negativo hacia el positivo, entonces la energía debe seguir esa misma dirección, porque son los electrones los encargados de transmitir la energía.

Profesora Amanda: si esto fuera así la bombilla no encendería.”

Tabla 2.  
Escala Tipo Likert. (Perspectiva tradicional: impares. Perspectiva Alternativa: pares)

De la explicación de Amanda se puede deducir que:	De acuerdo	Inseguro	En desacuerdo
P1. La transferencia de energía se da gracias a los electrones.			
P2. En el circuito intervienen cargas y campo.			
P3. Existe campo eléctrico pero no influye en los fenómenos y por tanto no es necesario mencionarlo en la explicación.			
P4. El transmisor de energía es el campo electromagnético.			
P5. La explicación es coherente con la realidad porque se explica utilizando el concepto de carga y su movimiento.			
P6. Existe un flujo de energía desde la pila hacia el bombillo (resistencia)			
P7. los electrones se encargan de transmitir energía de la resistencia a la pila			
P8. La energía se trasmite en una sola dirección			

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Galili, I. Goihbarg, E. (2005). Energy transfer in electrical circuits: A qualitative account. *Journal physics*, 73, 141- 144.

Giancoli, D. (2009). Corrientes eléctricas y resistencia. En D. Giancoli, *Física para ciencias e ingeniería* (pp. 651-658). México: Pearson Education.

Matar, M. Welti, R. (2010). La física que esta oculta en un circuito eléctrico simple. *Revista de enseñanza de la física*. 23, 85-94.

Méndez L. & Peña J. , 2006) Manual Práctico para el diseño de la escala likert. Editorial Trillas. Universidad Autónoma de Nuevo León. 1ra edición

- 
- Serway, J. Jewett, J. (2002). *Física para ciencias e ingeniería*. México: Thomson.
- Sommefeld, A. (1952). *Electrodynamics*. Ed Academic press, 125–130.
- Tipler, P y Mosca, G. (2010). Corriente eléctrica y circuitos de corriente continua. En P. Tipler, *Física para la ciencia y la tecnología* (pp. 839-845). Barcelona: Reverté.